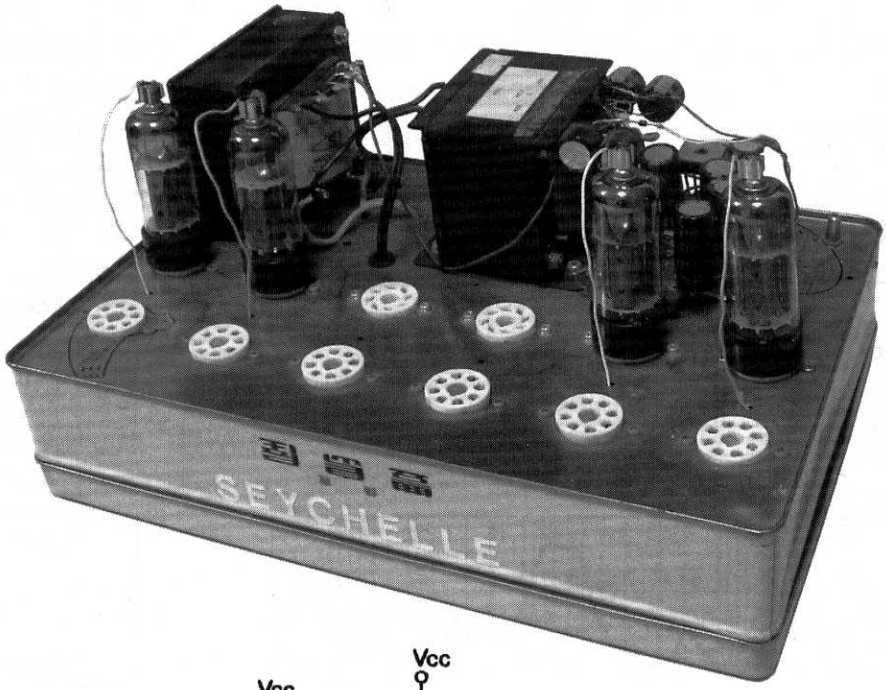
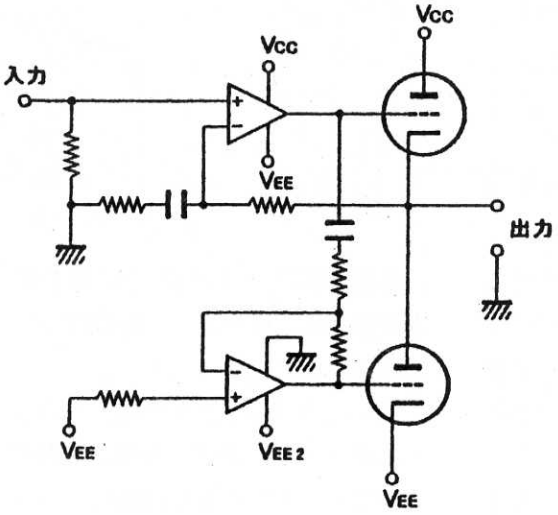
入手しやすい水平偏向管を使って低コストに

0バイアス駆動
12G-B3 OTLアンプの製作

■池田敏弘■





〈第1図〉
0バイアス駆動SEPP
OTLアンプの基本回路

真空管OTLサウンドを身近にする0バイアス駆動PP方式

0バイアス駆動PP方式真空管OTLアンプは，出力管自身の心地よいOTLサウンドが容易に奏でられながら，回路動作が安定なOTLアンプとなっています．事実これまで，6AS7G，7233，6C41C，6C33C-BといったOTL球向け3極レギュレータ管を使い，動作と音楽再生能力を確認してきました．また，発表したアンプ仕様を読者のかたが製作され，上記と同じような内容の報告をいただき，敷居が高かった真空管OTLが容易に製作できた，とのご報告もいただいています．

「0バイアス駆動PP方式」によって多くの人が楽しめるようにと考えますと，低コスト化を図り経済的にもより製作しやすくすることが望まれます．そのためには，財布に優しく入手しやすい出力管を使用し具体例を示すことが必要と考えます．実際，上記のレギュレータ管は，OTL用途として人気があり，昨今の円安もあり，価格も上昇傾向に見受けられます．

そこで今回，超低コストのお手軽球を使用しながら，3極管レギュレータ管OTLサウンドに劣らない音楽再生能力のあるOTLアンプを設計製作しましたので，発表させていただきます．

では，真空管OTLを身近にさせてくれる「0バイアス駆動PP方式」について，概要をご説明します．

第1図に基本回路仕様を示します．非反転増幅器と反転増幅器とを組み合わせた駆動回路として，SEPPを構成する容量大となる出力管を強力・確実にドライブするため，直結駆動としています．

正電圧側の正相カソード出力・カソードフォロアは，0V基準0バイアス動作の非反転増幅器で駆動します．負電圧側の逆相プレート出力カソード接地は，−VEE基準0バイアス動作の反転増幅器で駆動します．

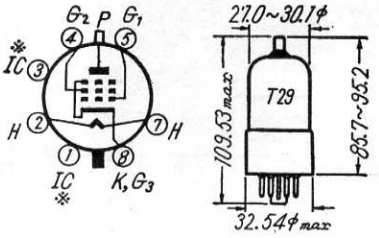
さらに，スピーカ出力から非反転増幅器の反転入力へ100%DC帰還を施すことでDCオフセットを0Vとし，動作的にも安定なOTLアンプを実現します．

また，PP方式真空管OTLにも関わらず，製作容易で無調整とする

12G-B3

水平偏向出力用5極管

トランスレス・テレビ受像機の水平偏向出力用に設計されたビーム出力管で，**12G-K17**と組合わせて使用しますと，低いプレート，および第2グリッド電圧で高い出力が得られ，とくに広角度偏向形テレビ受像機用に好適です．



カソード　傍熱形

ヒータ電圧……12.6　V

ヒータ電流…… 0.6　A

ベース接続図中のICは，管内で電極に接続されることがありますから，中継端子として使用してはなりません．

※ピンを省略することもありますが，中継端子として使用してはなりません．

電極間静電容量(外部シールドなし)

第1グリッドとプレート間	最大	1.1	pF
入力側		17.5	pF
出力側		7.7	pF

代表特性および動作例

A_1級増幅用

プレート電圧	40	100	V
第2グリッド電圧	100	100	V
第1グリッド電圧	0	−7.7	V
プレート電流	240	100	mA
第2グリッド電流	19	7	mA
相互コンダクタンス	—	14000	μΩ
内部抵抗	—	5.3	kΩ
G_2—G_1間増幅率	—	6	

最大定格（絶対最大値）

プレート供給電圧	最大	600	V
尖頭パルス・プレート電圧[1]	最大	6.6	kV
尖頭パルス・プレート負電圧[1]	最大	1.85	kV
プレート損失	最大	11	W
第2グリッド電圧	最大	220	V
第2グリッド損失	最大	5.5	W
カソード電流	最大	165	mA
尖頭パルス・第1グリッド負電圧[1]	最大	1.1	kV
第1グリッド回路抵抗	最大	0.5	MΩ

◀〈第1表〉12GB3の動作例と最大定格

ことで，電源ON／OFFのときも，リレーやタイマーなどによる動作タイミングの対処をする必要がない，従来方式の真空管OTLからは考えられない機能仕様としています．

詳細は，本誌2009年12月号「6AS7Gパラ SEPP OTL アンプの製作」記事をご参照ください．

出力管はテレビ水平偏向用

入手しやすい球となりますと，TV用ブラウン管の水平偏向に使用された出力管や垂直偏向出力管が考えられます．

今回は豊富なTV球の中から，水平出力管：12GB3を選択しました．外観を**写真A**に，**第1表**にデータを示します．

ご覧のとおり，ヒータ電圧12V，ヒータ電流0.6A，代表動作例で，プレート電圧40V，第2グリッド電圧100V，第1グリッド電圧0V，プレート電流240mA，第2グリッド電流19mAと，大電流の扱いが可能な球です．内部抵抗は，前記レギュレータ管に比べ高いため，8Ω負荷での物理的最大出力は不利となりますが，低コストOTL球として

《写真A》出力に使った12G-B3

使用できます．

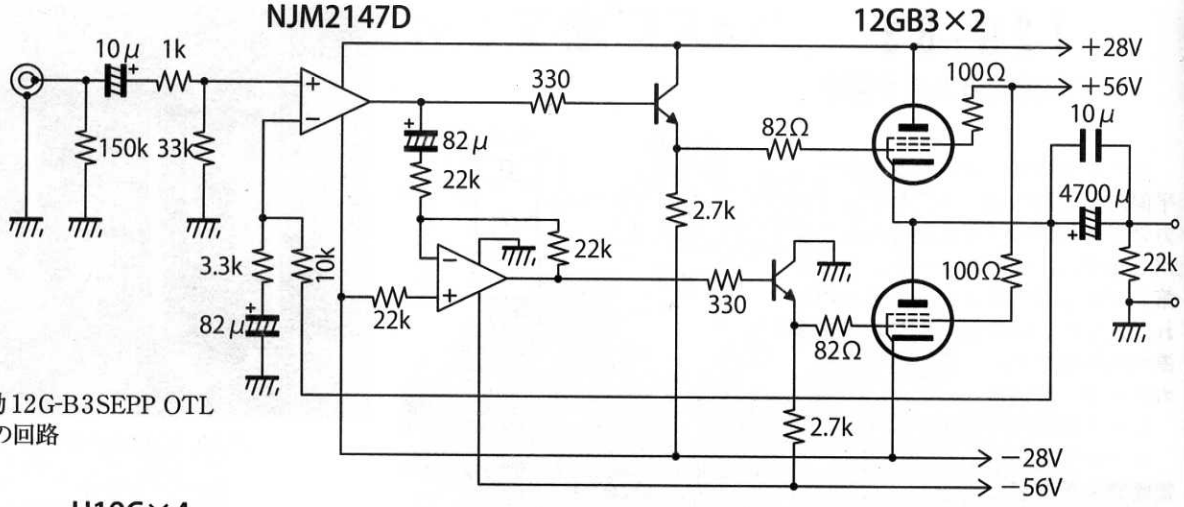
この手のTV球は，ヒータ電圧違いで複数種あり，たとえば，6GB6，25GB6，6BQ6GTB，12BQ6GTB等々あります．さらに東芝，日立，富士通テンといった国産球が豊富にあり，入手も容易です．中古球でも国産品であれば，たぶん使用できるでしょう．信頼あるお店でお安く入手するのがよろしいでしょう．

回路のあらまし

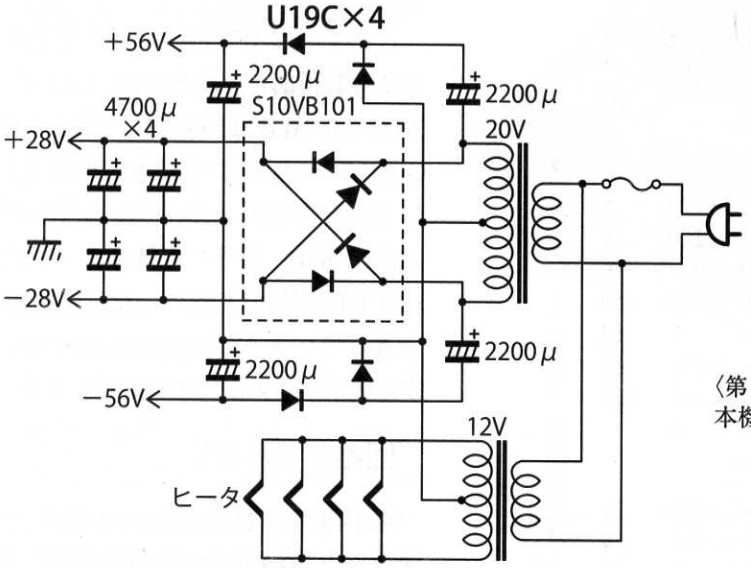
水平出力管12GB3をPP化した増幅部と電源部の回路図を**第2，3図**に示します．

非反転増幅器，反転増幅器には，高電圧対応OPアンプで入手容易なNJM2147Dを用いています．**第4図**に2147の内部等価回路を示します．初段はカレント・ミラー定電流負荷PNP差動回路，2段目は定電流負荷NPNエミッタ接地回路，出力段はNPN／PNPによるSEPP回路，という構成となっています．一般的なOPアンプと比較しますと，初段のつぎに設けられるNPNエミッタ・フォロアがない形です．

反転増幅器については，入力を電解コンデンサでDCカットし，−VEE基準にレベル・シフトしています．さらに大きな出力を望まれるかたは高電圧対応のOPアンプを用いて電源電圧を高くされるとよい



〈第2図〉
0バイアス駆動12G-B3SEPP OTL
アンプ増幅部の回路



〈第3図〉
本機の電源部回路

でしょう．ただし，OPアンプが変わりますと利得帯域幅が異なります．発振防止のための定数変更や位相補償が必要となる場合があります．

つぎに，ドライバ段を設けています．出力管は0バイアス付近で動作しますので，グリッドが＋側に振られる場合，グリッド電流が流れることになり，2147では電流供給能力が低いため，エミッタ・フォロアを介して直結ドライブします．

デバイスには，NPNトランジスタ：2SC3421Yを使用しています．コレクタ損失1.5W（Ta=25℃），コレクタ電流1A，コレクタ・エミッタ電圧120Vとドライバ段に適した最大定格を持っています．入手困難な場合，絶対最大定格で同スペックを満たすドライバ段向けトランジスタに代替します．

出力は，お手ごろTV球12GB3をSEPP接続しています．正電圧側の第2グリッドはプレート接続ではなく，プレート電圧より高い電圧に接続します．負電圧側の第2グリッドもプレート（出力）ではなく，正電圧側のプレート電圧に接続しています．8Ω負荷で出力を大きくしたい場合は，出力段を複数パラレル化されるとよいでしょう．

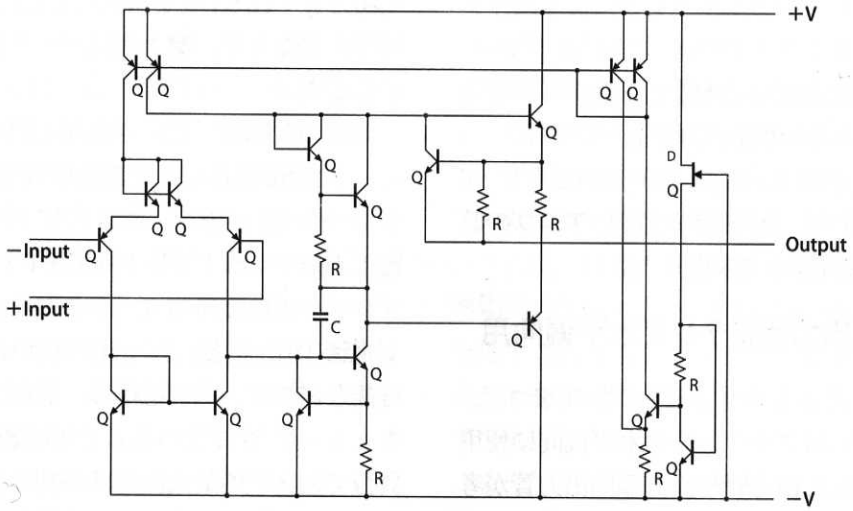
音声帯域の電圧ゲインは，オーバオールのNFBを掛けていますので，帰還抵抗値により決定されます．閉ループ電圧ゲインA1は次式で近似されます．

$A1 = (3.3k+10k)/3.3K \fallingdotseq 4$

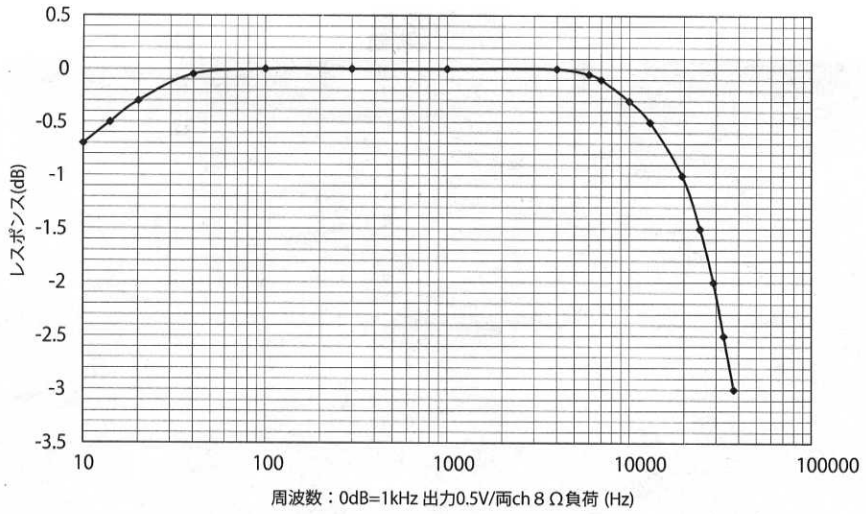
入力抵抗が存在しますので，総合電圧ゲインAは，以下のようになります．

$A=33k/(1k+33k)\cdot A1 \fallingdotseq 3.9$

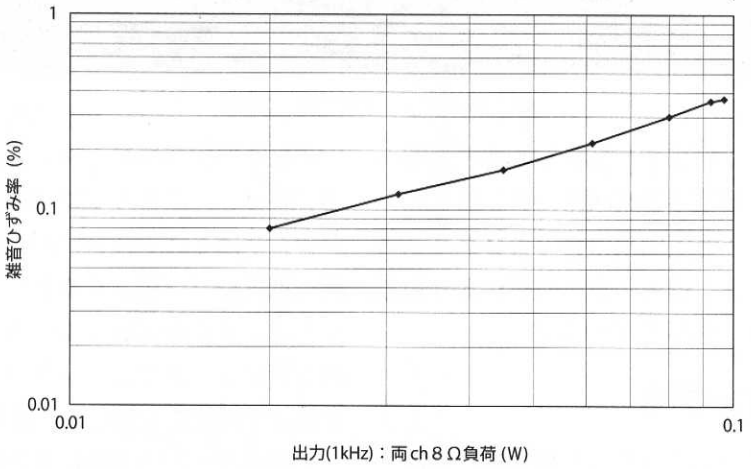
NJM2147Dの開ループ電圧利得は一般的OPアンプに比べ20～25dB劣り，高域の周波数特性が伸びなくなるので，閉ループ・ゲインを



〈第4図〉入力段に使ったオペアンプNJM2147Dの内部等価回路



〈第5図〉本機の周波数特性



〈第6図〉本機の雑音ひずみ率特性

の引き回しについても，以前から本誌で発表してきた仕様に従って配線します．そうすれば，低雑音真空管OTLアンプが実現できます．

組立・配線が完了したら，回路図とおりに確実に実装／配線されているかを，テスターなどを使い十分確認してください．問題なければ，念のため，DCオフセット電圧も確認しておきましょう．

アイドリング電流が安定するまでしばらく待ちます．正常であれば，DC電圧は± 10mV以内に収まっているはずです．参考までに，本機ではLch側：+0mV，Rch側+0mVです．DC帰還が掛かっていますので非常に安定です．± 10mV以内に収まっていない場合，実装誤りがあると思われますから，まちがいを検出・修正するまでは，安全のためスピーカには接続しないでください．

DCオフセット電圧が前記のレベル以内であることを確認できましたら，音楽を楽しめます．

電気特性

本機の周波数特性を**第5図**に示します．10Hz～37.5kHz：+0,−3dB以内となっています．当然ながら，特性に特異なピーク，ディップはいっさいありません．100Hz，1kHz,10kHzの方形波レスポンスはきれいで，アンダシュート，オーバシュート，リンギングなどの波形乱れはまたく見受けられません．

雑音ひずみ率特性を**第6図**に示します．3極レギュレータ管に比べて内部抵抗が大きいため，両ch8Ω負荷での最大出力は小さく，約0.1W+0.1Wです．両chとも16Ω負荷ですと約0.16W+0.16Wになります．ハムなどのノイズは見受けられず，400Hz・HPFをオン／オフしてもほとんど変化は見られません．

十分満足できる音

スピーカに，ALTEC CD408-8A（SONY SS-7090箱入りバスレフ）とALTEC CF204-8A（TEAC S-70箱入り後面バスレフ）を用いました．音楽ソースはiPod（非圧縮）を使いました．

3極レギュレータ管に引けをとらない心地よい真空管OTLサウンドを奏でてくれます．TV用水平出力管から奏でられていると想像つかないほどです．またシングルPPながら，OTLらしく低域の制御力はすばらしく，最大出力が0.1W+0.1Wとは思えない聴感パワーがあります．

高能率のCD408-8Aから再生される音は力強く，デジタル記録されている音楽信号が正確に再生されながら，ハーモニクス効果が感じられます．低域のしまり具合や制動力も絶品です．中高域も，弦楽器，鍵盤楽器，木管楽器，いずれの楽器でも明確にバランスよく奏でられ，ボーカルも生々しく感じられます．

CF204-8A（95dB）でも，CD408に比べると低域は劣るものの，10cmフレンジとは思えないほどの再生音で，どの楽器も音声も明確にバランスよく奏でられ，こちらも十分な聴感パワーが感じられます．改めて，0バイアス駆動真空管OTLアンプのすばらしさを感じました．

視覚的にも真空管中央付近がオレンジ系に灯り，音楽に心地よさを与えてくれます．音楽再生には，真空管OTLアンプはもってこいです．

●ホーム・ページ：http：//www.geocities.jp/eychelle_7/